

Fonte des glaces et montée des eaux

La diminution de l'immense réserve de glace de l'Antarctique déclencherait une montée des eaux inéluctable.

Durant des années, les scientifiques ont craint que le réchauffement global de la Terre n'entraîne une fonte de la banquise polaire, d'où résulterait une inondation des zones côtières. La partie Ouest de l'Antarctique est particulièrement surveillée : à elle seule, elle contient suffisamment d'eau pour faire monter le niveau des océans de plusieurs dizaines de mètres. De nouvelles données géologiques et des relevés radars montrent que, même si l'on arrêta de produire des gaz à effet de serre aujourd'hui, le manteau de glace continuerait à se réduire. Toutefois, le rythme de disparition serait lent et les populations auraient le temps de se mettre à l'abri.

Pourquoi la fonte de l'Ouest de l'Antarctique est-elle si inquiétante ? Parce que les roches y sont situées à une profondeur de 2 500 mètres. Ainsi

lorsque des icebergs flottent au-dessus de l'Antarctique Ouest, ils peuvent arracher la glace qui est accrochée au manteau rocheux sous-jacent. Au contact de l'air et chauffée par la soleil, cette glace fondrait alors plus facilement.

Depuis quand et à quelle vitesse, la glace de l'Antarctique de l'Ouest disparaît-elle ? À l'apogée de l'époque glaciaire, il y a 20 000 ans, la banquise s'étendait 1 300 kilomètres plus loin dans la mer. Lors du réchauffement, le manteau de glace qui couvrait la plus grande partie de l'Amérique du Nord a fondu. Le niveau des océans a monté et la banquise qui était ancrée sur le continent, à l'Ouest de l'Antarctique, a commencé à se détacher.

Les datations au carbone 14 des coquillages ramassés sur les plages les plus anciennes, dans la mer de Ross, montrent que la région n'était plus couverte de glace, il y a 7 600 ans. De surcroît, l'étude de deux points situés à l'intérieur des terres indique que depuis, la glace s'est retirée au rythme de 120 mètres par an.

Pour évaluer à quel moment ce retrait a commencé, Robert Ackert de l'Institut océanographique Woods Hole a mesuré la quantité de rayonnement cosmique absorbée par les rochers à mesure qu'ils étaient découverts par la glace. Le temps passé depuis la première exposition des rochers au rayonnement cosmique indique que la glace a commencé à se retirer il y a 10 000 ans au plus, soit près de 3 000 ans après que les océans ont commencé à monter.

Ainsi la glace de l'Ouest de l'Antarctique est lente à réagir et continue

à bouger longtemps après l'arrêt de la cause externe, ici la montée des eaux. De surcroît, le recul du manteau de glace ne montre pas de signe de ralentissement : à la vitesse actuelle, le manteau de glace qui couvre cette partie de l'Antarctique aura complètement disparu dans 7 000 ans, indépendamment du réchauffement global.

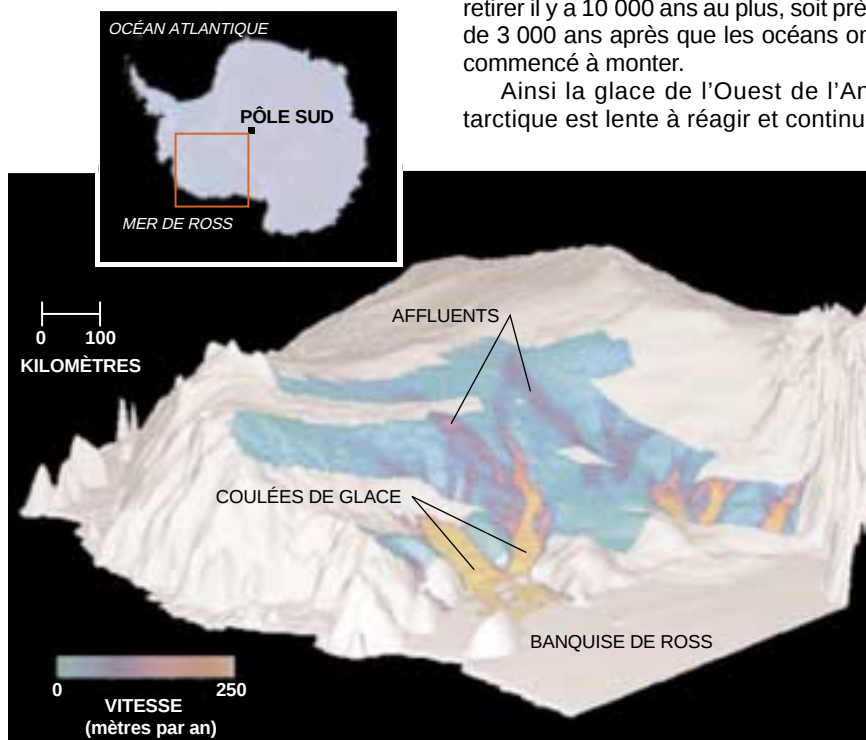
Les retraits brusques sont particulièrement difficiles à prévoir en raison des mécanismes de déstabilisation du continent. Même si la couverture de glace de l'Antarctique diminue, curieusement, la glace ne fond pas, du moins pas sur place.

Au Groenland, la glace fond et quitte le continent sous forme d'eau, mais dans l'Ouest de l'Antarctique, où il fait beaucoup plus froid, la glace quitte le continent sous forme de « coulées » solides. La neige tombe à l'intérieur des terres et les coulées transportent lentement la glace vers la mer où elle se brise en icebergs.

Jusqu'à aujourd'hui, personne ne savait ce qui se passait à la source des coulées, mais grâce à de nouvelles données obtenues par *Radarsat*, un satellite radar canadien lancé en novembre 1995, les chercheurs élucident le mystère. Au cours de l'automne 1997, le satellite a mesuré la réflexion d'un faisceau radar sur la majeure partie du continent. En comparant les réflexions de la glace lors de deux passages, les géophysiciens ont établi la vitesse et la direction de la glace sur ce manteau.

Les géologues soupçonnaient l'existence d'un réservoir de neige stable qui alimenterait les coulées : les mesures ont montré que deux longs affluents nourrissent les coulées à partir des régions intérieures. Ces affluents coulent à une vitesse de 100 mètres par an, dix fois plus rapidement que le manteau de glace lui-même. Cette vitesse est si grande que les frottements pourraient faire fondre la glace à la base de l'écoulement solide. Les données satellitaires révèlent également que les affluents alimentent encore une coulée qui s'était endiguée il y a 140 ans. Si le réchauffement global fait fondre la glace ailleurs, la montée des eaux pourrait briser la digue, d'où une évacuation encore plus rapide de la glace de l'intérieur des terres.

Les scientifiques sont toutefois loin de pouvoir prédire le destin de l'Ouest de l'Antarctique. D'autres études, telle l'analyse d'une carotte glaciaire d'un kilomètre de long, révéleront si oui ou non le manteau de glace a disparu durant les moments les plus chauds de la dernière période glaciaire.



De longs affluents de glaces qui proviennent de l'intérieur de l'Antarctique alimentent des coulées solides de glace qui tombent sur la banquise de Ross. Les géophysiciens ont cartographié la vitesse de la glace en comparant les réflexions d'un faisceau radar émis par un satellite situé à 800 kilomètres d'altitude.

Les statues de l'île de Pâques

Pour les transporter et les dresser, des archéologues ont utilisé les techniques de construction navale, transmises aux habitants de l'île par leurs ancêtres polynésiens.

Depuis la découverte des statues de l'île de Pâques, en 1722, les archéologues s'interrogent sur les méthodes employées pour les déplacer. Les habitants de l'île, arrivés de Polynésie vers le V^e siècle de notre ère, les ont érigées il y a 500 ans environ. Elles pèsent 14 tonnes en moyenne, la plus lourde atteignant 82 tonnes. Elles sont presque toutes en basalte, une roche prélevée dans l'un des cratères volcaniques de l'île. D'après les techniques de construction navale polynésiennes, Jo Anne Van Tilburg et ses collègues, de l'Université de Californie, ont élaboré une méthode de transport et d'érection des statues, puis sont allés dans l'île pour l'essayer.

Les archéologues ont proposé diverses méthodes pour déplacer les statues, mais aucune n'est satisfaisante. Dans l'île, certains ont transporté une statue en béton couchée sur un traîneau en bois qu'ils ont tiré avec des cordes, mais la forme de celle-ci ne correspondait pas à celle des vraies statues. D'autres ont mis une statue (aussi en béton) debout sur une plateforme qu'ils ont fait rouler sur des rondins, mais pas sur le sol accidenté et pentu de l'île, où cette méthode ne fonctionnerait pas. Enfin, des archéologues ont aussi fait avancer une vraie statue de quatre mètres de hauteur, à l'aide de cordes, en la tournant et la basculant alternativement sur la droite et sur la gauche, ce qui a endommagé sa base.

J. Van Tilburg et ses collègues ont proposé d'utiliser un traîneau de bois, fait de deux troncs d'arbre, reliés par un rondin ; les trois éléments sont fixés avec des cordes pour former un A. La technique de nouage des

cordes est celle que les polynésiens utilisaient pour assembler les différents éléments de leurs pirogues, notamment les pièces allongées qui relient les deux coques, dont l'une joue le rôle de stabilisateur. Ce traîneau a des caractéristiques de répartition des masses, de résistance mécanique et de flexibilité semblables à celles des pirogues conçues pour acheminer de lourds chargements sur de grandes distances, telle celle de 35 mètres de long, retrouvée aux îles Fidji.

D'après plusieurs dizaines de mesures, faites sur chacune des 838 statues de l'île, les archéologues ont déterminé les dimensions, la forme et le poids moyens des statues. Ils ont repéré la statue de l'île dont les caractéristiques sont les plus proches de ces moyennes et ont choisi son emplacement comme point d'arrivée de leur expérience de transport. Puis, ils ont réalisé un modèle numérique du terrain et ont calculé par ordinateur la distance et l'énergie nécessaire pour transporter cette statue par chacune des trois routes possibles entre ce site et le volcan d'où vient la roche et où les Polynésiens l'ont sculptée. Ils ont choisi la route la plus courte (dix kilomètres). Selon les calculs, il aurait

fallu, en empruntant cette route plus de porteurs (48), mais le transport aurait été plus rapide (cinq jours).

Des essais préliminaires, réalisés en Californie, ont montré que des rondins destinés à rouler sous le traîneau et sur des rails en bois, pour faire avancer la statue, butaient les uns contre les autres et ne restaient pas dans l'alignement des rails. Les archéologues ont alors attaché trois rondins sous le traîneau avec des cordes, comme dans une « échelle de pirogue ». Cette échelle était utilisée dans tout le Pacifique pour mettre les pirogues à l'eau et accoster sur des rochers.

Sur l'île de Pâques, J.A. Van Tilburg et ses collègues ont fabriqué la statue dont les dimensions, la forme et le poids correspondaient aux moyennes calculées : elle pèse dix tonnes et mesure quatre mètres de hauteur environ. Ils ont rempli de béton un moule en fibres de verre, spécialement étudié pour reproduire la densité et la texture des vraies statues. Ils ont ensuite fait deux expériences de transport, avec la statue posée sur le dos ou sur le ventre, car on a retrouvé des statues couchés dans ces deux positions sur l'île. Cependant, la configuration de la plupart des sites cérémoniels où se trouvent les statues fait qu'il faut dresser les statues à partir de la position horizontale ventrale.

Dans la première expérience, la statue était sur le dos et sur le traîneau, reposant sur trois rondins liés à lui par des cordes. Un groupe de 40 personnes (20 de chaque côté) a fait glisser l'ensemble sur des rails en bois, en le tirant avec des cordes : il l'ont fait progresser de 70 mètres d'un seul coup. Seule la longueur des rails a limité la progression. Les frictions entre rails et rondins étaient faibles. On a utilisé des troncs d'eucalyptus, aussi résistants que les troncs de palmier, espèce dont l'île était naguère recouverte.

Dans la deuxième expérience, la statue faisait face au sol sur le même traîneau. En plus des trois rondins précédemment fixés sous celui-ci, on avait rajouté de la même manière une pile de rondins, à la hauteur des épaules de la statue, afin que son ventre protubérant ne touche pas



Une des 838 statues de l'île de Pâques.

Ted Ralston



Les archéologues dressent une imitation en béton d'une statue polynésienne, pour tester la validité de la méthode qu'ils ont proposée. Ils ont travaillé pendant une journée et demie pour l'incliner à 45 degrés. Elle repose sur un traîneau fabriqué par l'assemblage de troncs d'arbre et de rondins avec des cordes, selon une technique polynésienne. Ils utilisent des leviers qui soulèvent le traîneau et la statue en même temps et construisent un tumulus en pierre afin de soutenir l'ensemble.

le sol. Ainsi, elle a été tirée sur un terrain plat, puis en pente. Pour qu'elle glisse mieux, on a utilisé des lubrifiants naturels, dont on se sert en Polynésie (feuille d'eucalyptus, de palmier, banane, patate douce).

Pour dresser la statue, les archéologues l'ont laissée sur le traîneau. Ils ont utilisé des leviers de plusieurs mètres de long, qui, en s'appuyant sur le traîneau, ne risquaient pas d'endommager la statue (toutes les statues ont été sculptées avant d'être dressées). Ainsi, ils ont soulevé l'ensemble statue-traîneau par étapes successives. Sous cet ensemble, il plaçaient des pierres qui formaient un tumulus de soutien ; cette technique laisse le temps à l'équipe de reprendre des forces. Une centaine de statues de l'île ont un bloc cylindrique sur la tête, en lave poreuse, beaucoup plus légère que le basalte. Les archéologues ont attaché un tel bloc au traîneau, au-dessus de la tête de la statue. Ils l'ont levé avec la statue, de sorte qu'à la fin de l'opération, il reposait sur sa tête. Personne n'avait encore soulevé un tel bloc de lave en même temps que la statue. Pour dresser la statue, 20 personnes ont travaillé pendant trois jours.

Cette méthode est adaptée au terrain de l'île, réalisable avec les matériaux autrefois disponibles sur place et par un groupe de 40 personnes. Cependant, les femmes et les enfants remplissaient les tâches annexes, tels le ravitaillement et le ramassage des pierres pour le tumulus. Un chef, s'il

réunissait tous les membres d'une large famille et accumulait les ressources nécessaires pendant plusieurs années, était capable de faire sculpter une statue de taille moyenne, de la déplacer sur un traîneau (à raison de 1,6 kilomètre par jour) et de la dresser. Les Polynésiens, en transportant les statues, démontraient leur dévouement au chef. Le transport faisait probablement naître beaucoup d'excitation, de camaraderie et resserrait les liens entre membres d'une même communauté, ce qui contribuait au caractère sacré des statues.

Cette méthode est culturellement polynésienne, puisqu'elle utilise les techniques de construction navale et de fabrication d'échelles de pirogues. Les pirogues les plus courantes avaient à peu près la même taille et le même poids que les statues de l'île de Pâques, où les premiers explorateurs en ont observé des vestiges, et où des écritures hiéroglyphiques attestent de leur présence. Les artisans qui fabriquaient les pirogues savaient manipuler et transporter les énormes troncs nécessaires à leurs ouvrages et assembler des pièces de bois, notamment par des méthodes de liage élaborées. Ils possédaient de nombreux outils, dont le *keke* en forme de Y, qui servait à faire les nœuds des cordages et à les serrer. C'est grâce à ces talents, perpétués de génération en génération, que les statues mégalithiques de l'île de Pâques se dressent aujourd'hui dans ce coin reculé du Pacifique, à des milliers de kilomètres de toute autre civilisation.